


Федеральное агентство научных организаций
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина
Дальневосточного отделения Российской академии наук



УТВЕРЖДАЮ
Директор института


А.Н. Диденко

2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины Механика геофизических сред

полное наименование дисциплины

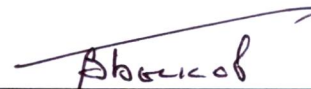
для направления 05.06.01 Науки о Земле

специализация(и) (профиль(и)) подготовки Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

форма обучения: Очная

Составитель(и):

Быков Виктор Геннадьевич


(подпись)

Д.ф.-м.н., В.Г. Быков
(уч.степень, звание, ФИО)

ОДОБРЕНА:

на заседании ученого совета ИТИГ ДВО РАН «01» 10 2015 г. протокол № 7


(подпись ученого секретаря совета)

2015 г.

1. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса “Механика геофизических сред” является изучение физики сейсмических и деформационных волн на основе концепции блоково-иерархического (дискретного) строения геофизической среды. Главное внимание при этом уделено математическим моделям поведения разломно-блоковых геофизических сред как под влиянием внешних воздействий, так и вследствие движения флюидов внутри систем пор и трещин; анализу влияния газо-водонасыщения на сейсмические волны; теоретическим исследованиям нелинейных волн, возбуждаемых при деформировании разломно-блоковых геологических сред, их геофизическим и геодинамическим приложениям.

В ходе аудиторных занятий аспиранты будут ознакомлены с современными представлениями о блоковом строении геосреды; с математическими моделями деформирования и разрушения геоматериалов, которые имеют важное значение для нелинейной сейсмологии и волновой динамики очага землетрясения; с применением нелинейных уравнений в геомеханике и сейсмологии для описания наблюдаемых сейсмологических данных, моделирования деформационных волн, динамики разломов и зон субдукции; с методами, позволяющими конструировать нелинейные эволюционные уравнения в некоторых конкретных задачах геомеханики и сейсмологии. Это позволит ввести слушателей в круг достижений и проблем современной геофизики.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ	ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ
<p>Знать: основные понятия и определения, законы и методы геомеханики; основы современной концепции блоково-иерархического строения геосреды; основные принципы, реологические модели и уравнения механики сплошной среды; основные математические модели динамики разломно-блоковых геофизических сред; методы составления нелинейных эволюционных уравнений в некоторых конкретных задачах геомеханики и сейсмологии.</p> <p>Уметь: описывать качественное различие реологических моделей сплошных сред; применять методы геомеханики к простейшим задачам физики пористых насыщенных сред; применять общую схему решения задач по поглощению упругих волн в различных геосредах; качественно объяснять проявления нелинейных эффектов в различных геосредах; решать нелинейные уравнения пористых насыщенных сред с применением метода малых возмущений; проводить качественный анализ нелинейных уравнений динамики геосред; применять основные приемы математического моделирования при решении конкретных задач геомеханики и сейсмологии.</p> <p>Владеть: теоретическими методами механики геофизических сред.</p>	<p>Способность к профессиональной эксплуатации современного геофизического полевого и лабораторного оборудования и приборов (ПК-5)</p>

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Блок 1 Вариативная часть

4. МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ

4.1. Дисциплины, темы и разделы, обеспечивающие успешное изучение курса

Современные геодинамические и тектонические концепции, Комплексирование геофизических методов при решении геологических задач, Геология Восточной Азии.

4.2. Дисциплины, для которых необходимо успешное освоение курса

Для успешного окончания аспирантуры и написания кандидатской диссертации

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ЕЁ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ВИДАМ РАБОТ

Трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е. (72 часа) из них 36 аудиторных часов.

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Тематическое содержание курса

Контактная работа

№	Тема раздела (лекции)	Содержание раздела (лекции)	Форма проведения	Количество часов
1	Лекция 1 Введение в механику геофизических сред	1. Механика и её важнейшие разделы. Предмет механики геофизических сред. 2. Характерные черты геофизической среды. Типы и особенности геофизических сред. Концепция М.А. Садовского: блоково-иерархическая (дискретная) модель геофизической среды. 3. Фрактальность литосферы, ее деление на плиты, микроплиты и блоки в пространственном поле современной сейсмической активности, самоподобие блоковых структур. 4. Сейсмоакустические проявления блочности среды. Иерархия блоков и разломов земной коры. Масштабные эффекты: образец, блок, массив. 5. Многофазность горных пород.	Лекции, самостоятельная работа	2
2	Лекция 2 Принципы механики сплошных сред	1. Масштабы описания. Процедура осреднения. Балансы масс и импульсов. 2. Тензор деформаций. Тензор напряжения. Баланс углового момента. 3. Деформации и упругие связи. Термодинамический подход.	Лекции, самостоятельная работа	2
3	Лекция 3 Основные модели и уравнения механики сплошных сред	1. Реология. 2. Классические модели сплошных сред: тело Гука, тело Кельвина-Фойгта, тело Максвелла, стандартное линейное тело. 3. Среды с упругим последействием.	Лекции, решение задач, самостоятельная работа	3
4	Лекция 4 Основные модели и уравнения механики сплошных сред	1. Волновые уравнения для сред с различной реологией. 2. Дисперсионные соотношения для сред с различной реологией.	Лекции, решение задач, самостоятельная работа	3
5	Лекция 5	1. Плоские и сферические волны. Пред-	Лекции, само-	2

№	Тема раздела (лекции)	Содержание раздела (лекции)	Форма проведения	Количество часов
	Элементы теории распространения волн в сплошных средах	ставление Ляме вектора перемещения, потенциалы перемещения. 2. Волновые уравнения для потенциалов продольных и поперечных волн. 3. Волновые уравнения объемной деформации и вектора поворота. 4. Плоские волны в неограниченной изотропной упругой среде. Типы волн.	стоятельная работа	
6	Лекция 6. Элементы теории распространения волн в сплошных средах	1. Распространение волн в анизотропных средах. 2. Приложение лучевого метода к волновым задачам. 3. Влияние границ раздела на скорость распространения волн. 4. Волны Рэлея и волны Лява. 5. Понятие о дисперсии волн.	Лекции, самостоятельная работа	2
7	Лекция 7. Элементы теории распространения волн в сплошных средах	1. Падение волн на границу раздела сред. Законы преломления и отражения. 2. Падение волн под углом на свободную поверхность. 3. Падение волны на жесткую поверхность. 4. Использование волн для геофизических исследований.	Лекции, самостоятельная работа	2
8	Лекция 8 Механика пористых насыщенных сред	1. Дисперсионные и диссипативные свойства горных пород. 2. Поглощение и скорости упругих волн в флюидонасыщенных и частично насыщенных геоматериалах.	Лекции, самостоятельная работа	2
9	Лекция 9 Механика пористых насыщенных сред	1. Взаимопроникающие среды. Балансы масс и импульсов. 2. Законы фильтрации. 3. Инерционные отклонения от закона Дарси. 4. Нарушение локальной стационарности.	Лекции, самостоятельная работа	2
10	Лекция 10 Механика пористых насыщенных сред	1. Уравнения движения пороупругой двухфазной среды. 2. Продольные и поперечные волны в насыщенных пористых средах.	Лекции, самостоятельная работа	2
11	Лекция 11 Механика пористых насыщенных сред	1. Уравнения пористых насыщенных сред с вязкоупругой матрицей. 2. Математическое моделирование сейсмических волн в горных породах земной коры и в астеносфере.	Лекции, самостоятельная работа	2
12	Лекция 12	1. Нелинейность геологических сред.	Лекции, само-	2

№	Тема раздела (лекции)	Содержание раздела (лекции)	Форма проведения	Количество часов
	Нелинейность геофизической среды	Типы нелинейности геоматериалов. 2. Нелинейные волновые эффекты в пористых насыщенных породах в оптимальных условиях наблюдения. 3. Проявление нелинейных эффектов в дискретной среде: сейсмическая эмиссия, неустойчивость	стоятельная работа	
13	Лекция 13 Нелинейность геофизической среды	1. Физически нелинейные уравнения динамики упругой сплошной среды. 2. Нелинейные волны в пористых насыщенных средах. 3. Нелинейные волны в пористых средах, насыщенных жидкостью с пузырьками газа. 4. Волны в нелинейных двухфазных компактных средах.	Лекции, самостоятельная работа	2
14	Лекция 14 Нелинейные волны и солитоны в моделях геофизических сред	1. Классическое уравнение \sin -Гордона и его решения. 2. Медленные ротационные волны в фрагментированных средах. 3. Тектонические волны ротационного типа. 4. Уединенные деформационные волны поворотной деформации.	Лекции, самостоятельная работа	2
15	Лекция 15 Нелинейные волны и солитоны в моделях геофизических сред	1. Волновая динамика деформационных процессов в зонах трансформных разломов. 2. Уединенные волны в разломе земной коры. 3. Волны активизации разломов земной коры.	Лекции, самостоятельная работа	2
16	Лекция 16 Волновые деформационные эффекты в блоковых структурах разного масштабного уровня	1. Неустойчивое скольжение на контакте блоков. 2. Деформационные волновые эффекты на мезоуровне.	Лекции, самостоятельная работа	2
17	Лекция 17 Волновые деформационные эффекты в блоковых структурах разного масштабного уровня	1. Геодинамические эффекты разломно-блоковой структуры геофизической среды. 2. Разломная зона земной коры как автоволновая система.	Лекции, самостоятельная работа	2

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

7.1. Виды самостоятельной работы студентов и их состав

Виды самостоятельной работы студентов

- изучение теоретического материала по лекциям, учебной и учебно-методической литературе;
- отработка навыков решения задач по темам лекций;
- подготовка к оценке остаточных знаний на лекции;
- подготовка к экзамену.

7.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Перечень может включать в себя:

- конспекты лекций (допускаются тезисы);
- учебную литературу, в том числе на электронном носителе;
- дополнительную литературу, в том числе на электронном носителе;
- электронные учебники, аудио- и видеоматериалы и т.д.;
- справочники, каталоги, альбомы;
- методические указания по выполнению лабораторных работ и практических заданий;

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

8.1. Перечень форм промежуточной аттестации:

- экзамен;

8.2. Экзамен

Экзамен проводится в традиционной форме. Экзаменационный билет содержит не менее одного вопроса на каждую формируемую компетенцию, но не менее трех.

8.2.1. Вопросы к экзамену по дисциплине (с указанием формируемых компетенций, приобретаемых знаний, умений, навыков).

Примерная формулировка вопроса	Код компетенции	Приобретаемые знания, умения, навыки
1. Блоково-иерархическая (дискретная) модель геофизической среды и ее характерные черты. 2. Фрактальность литосферы в пространственном поле сейсмической активности. 3. Принципы механики сплошных сред. Масштабы описания. Процедура осреднения. Балансы масс и импульсов. 4. Тензор деформаций. Тензор напряжения. Баланс углового момента. 5. Деформации и упругие связи. Термодинамический подход. 6. Классические модели сплошных сред: тело Гука, тело Кельвина-Фойгта, тело Максвелла, стандартное линейное тело. 7. Реологическая схема, волновое уравнение и дисперсионное соотношение для тела Кельвина-Фойгта. 8. Реологическая схема, волновое уравнение и дисперсионное соотношение для тела Максвелла. 9. Реологическая схема, волновое уравнение и дисперсионное соотношение для стандартного линейного тела. 10. Дисперсионные и диссипативные свойства горных пород.	ПК-5	Знать: основные понятия и определения, законы и методы геомеханики; основы современной концепции блоково-иерархического строения геосреды; основные принципы, реологические модели и уравнения механики сплошной сред; основные математические модели динамики разломно-блоковых геофизических сред; методы составления нелинейных эволюционных уравнений в некоторых конкретных задачах геомеханики и сейсмологии. Уметь: описывать качественное различие реологических моделей сплошных сред; применять методы геомеханики к простейшим задачам физики пористых насыщенных сред; применять общую схему решения задач по поглощению упругих волн в различных геосредах; качественно объяснять проявления нелинейных эффектов в различных геосредах; решать нелинейные уравнения пористых насыщенных сред с применением метода малых возмущений; проводить качественный анализ нелинейных уравнений динамики геосред; применять основные приемы математиче-

Примерная формулировка вопроса	Код компетенции	Приобретаемые знания, умения, навыки
11. Поглощение и скорости упругих волн в флюидонасыщенных геоматериалах. 12. Взаимопроникающие среды. Балансы масс и импульсов. Законы фильтрации. 13. Инерционные отклонения от закона Дарси. Нарушение локальной стационарности. 14. Уравнения движения пороупругой двухфазной среды. 15. Продольные и поперечные волны в насыщенных пористых средах. 16. Уравнения пористых насыщенных сред с вязкоупругой матрицей. 17. Классификация типов акустической нелинейности. 18. Нелинейность геологических сред. 19. Нелинейные волновые эффекты в пористых насыщенных породах. 20. Нелинейные волны в пористых средах, насыщенных жидкостью. 21. Экспериментальные данные о ротационных эффектах и солитонах в земной коре и горных породах. 22. Концепция деформационных волн Земли. Основные результаты наблюдений. 23. Неустойчивое скольжение на контакте блоков. Основные наблюдения.		ского моделирования при решении конкретных задач геомеханики и сейсмологии. Владеть: теоретическими методами механики геофизических сред.

8.2.3. Показатели и критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Соответствие критерию при ответе на все вопросы билета и дополнительные вопросы	Имели место небольшие упущения в ответах на вопросы, существенным образом не снижающие их качество или имело место существенное упущение в ответе на один из вопросов, которое за тем было устранено студентом с помощью уточняющих вопросов	Имеет место существенное упущение в ответах на вопросы, часть из которых была устранена студентом с помощью уточняющих вопросов	Имели место существенные упущения при ответах на все вопросы билета или полное несоответствие по более чем 50% материала вопросов билета

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

9.1. Перечень основной литературы:

1. Бабкин А., Селиванов В. Основы механики сплошных сред. Изд-во: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006 г. 376 с.
2. Краснобаев К.В. Лекции по основам механики сплошной среды. Учебное пособие для вузов. М.: Физматлит, 2005. 109 с.
3. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс лекций. М.: Физматлит, 2006. 272 с.

4. Черняк В.Г. Суетин П.Е. Механика сплошных сред: Учеб. пособие для вузов. М.: Физматлит, 2006. 352с.

9.2. Перечень дополнительной литературы (для углублённого изучения дисциплины):

1. Николаевский В.Н. Геомеханика. Собрание трудов в 3 томах. М.-Ижевск, 2010.
2. Быков В.Г. Сейсмические волны в пористых насыщенных породах. Владивосток: Дальнаука, 1999. 108 с.
3. Быков В.Г. Нелинейные волновые процессы в геологических средах. Владивосток: Дальнаука, 2000. 190 с.
4. Овсянников Л.В. Введение в механику сплошных сред. Часть 1. Общее введение. НГУ, 1976.
5. Овсянников Л.В. Введение в механику сплошных сред. Часть 2. Классические модели механики сплошных сред. НГУ, 1977.
6. Родионов В.Н., Сизов И.А., Цветков В.М. Основы геомеханики. М.: Недра, 1986.
7. Рейнер М. Реология. М.: Наука, 1965. 224 с.
8. Садовский М.А., Писаренко В.Ф. Сейсмический процесс в блоковой среде. М.: Наука, 1991. 96 с.
9. Эглит М.Э. (ред.) Механика сплошных сред в задачах. Том 1: Теория и задачи. М.: Московский лицей, 1996.
10. Николаевский В.Н. Геомеханика и флюидодинамика. М.: Недра, 1996. 447 с.
11. Быков В.Г. Сейсмические волны в пористых насыщенных породах. Владивосток: Дальнаука, 1999. 108 с.
12. Быков В.Г. Нелинейные волновые процессы в геологических средах. Владивосток: Дальнаука, 2000. 190 с.

10. ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. <http://www.sciencedirect.com>
2. <http://onlinelibrary.wiley.com>

11 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ для обучающихся по освоению дисциплины

Для рационального распределения времени обучающегося по разделам дисциплины и по видам самостоятельной работы студентам предоставляется план дисциплины (раздел 6), а также учебно-методическое и информационное обеспечение (разделы 9-10), приведенное в данной рабочей программе.

В процессе обучения студенты должны усвоить научные основы предстоящей деятельности, научиться управлять развитием своего мышления. С этой целью они должны освоить различные алгоритмы мышления. Алгоритмы развития мышления выстраиваются так, чтобы знания (закон, закономерность, определение, вывод, правило и т. д.) могли применяться при выполнении заданий (решении задач). Выделяют следующие способы построения алгоритма:

а) из одного понятия:

- выделить существенные признаки понятия,
- определить взаимосвязь признаков между собой,

- установить последовательность наложения признаков на конкретный пример;
- б) при комбинировании нескольких понятий:
 - построить алгоритмы применения каждого понятия,
 - сравнить алгоритмы (выделить общие и специфические признаки),
 - определить взаимосвязь признаков между собой,
 - установить последовательность наложения признаков на конкретный пример.

Алгоритм проведения анализа:

- 1) выделить в понятии все признаки предмета или явления (физические, химические свойства и отношения);
- 2) определить существенные признаки;
- 3) выделить несущественные признаки.

Алгоритм проведения синтеза:

- 1) определить все признаки, характеризующие предмет или явление;
- 2) выделить из них существенные, принадлежащие предмету или явлению, без которых последнее теряет свой смысл;
- 3) соотнести имеющиеся признаки с признаками известных понятий или ввести новое понятие.

Алгоритм проведения сравнения (сравнительный анализ предполагает проведение анализа каждого понятия и сравнения их между собой):

- 1) провести анализ сравниваемых понятий:
 - выделить в понятии все признаки предмета или явления (физические, химические свойства и отношения);
 - определить существенные признаки;
 - выделить не существенные признаки;
- 2) определить существенные и несущественные признаки;
- 3) сделать вывод:
 - о полном совпадении понятий (если одинаковы все признаки);
 - частичном совпадении понятий (если совпадение признаков частичное);
 - несовпадении понятий (если нет одинаковых признаков).

Алгоритм обобщения:

- 1) разложить каждое из понятий на существенные признаки;
- 2) определить общие для всех понятий существенные признаки;
- 3) дать (сформулировать) обобщение на основе этих признаков;
- 4) найти (если существует) обобщающее понятие.

Алгоритм свертывания знаний:

- 1) разложить каждое из понятий на существенные признаки;
- 2) определить общие для понятий существенные признаки:
 - для всех понятий (родовые признаки);
 - для отдельных групп понятий (видовые признаки);
- 3) дать (сформулировать) обобщение на основе этих признаков;
- 4) найти (если существует) обобщающее понятие;
- 5) определить основные взаимосвязи между понятиями – совпадение, включение, соподчинения, противоположность, противоречие;
- 6) на основе выделенных взаимосвязей представить данную совокупность в виде схемы, графика, рисунка, таблицы.

В результате обучения студенты должны иметь опыт как разработки алгоритма применения знаний, так и способности его применения при выполнении заданий по курсу теории.

12 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для успешного освоения дисциплины рекомендуется использовать следующее программное обеспечение:

1. Пакет программ Microsoft Office
2. Прикладные пакеты Matlab, Maple.

13 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА

Требования к материально-техническому обеспечению учебной аудитории, необходимому для успешного освоения дисциплины: персональный компьютер для преподавателя, проектор и проекционный экран (переносные или стационарные), или мультимедийный экран для показа презентаций.

14 МАТРИЦА НАЛИЧИЯ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО КОМПЕТЕНЦИЯМ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетенция	№ раздела дисциплины (по п.6)	Текущая аттестация	Промежуточная аттестация
		Вопросы для устного опроса на занятии	Вопросы к экзамену
ПК-5	1-17	V	V